

REFERENTIEL TECHNIQUE

A. L'INSTALLATION DE L'UTILISATEUR ET SON RACCORDEMENT

A.1 RACCORDEMENT

A.1.2 PROCEDURE DE RACCORDEMENT

A.1.2.3 ETUDES ET METHODES ASSOCIEES

A.1.2.3.4 PERTURBATIONS

RACCORDEMENT D'UNE PRODUCTION DECENTRALISEE EN HTA
HARMONIQUES

Version : V1.0 du 28 juin 2005



Objet de l'étude :

Vérifier que l'injection en courant harmonique d'un site sur le réseau de distribution n'entraîne pas de tensions harmoniques inacceptables.

Pour cela on vérifie que les prescriptions de l'Arrêté du 17 mars 2003 en terme de limitation des injections en courant harmonique sont respectées.

Critère de déclenchement de l'étude :

Cette étude est à réaliser pour tous les sites comportant de l'électronique de puissance en fonctionnement établi.

L'injection en courant harmonique des machines synchrones ou asynchrones sans électronique de puissance couplée en permanence au réseau peut être considérée comme négligeable.

L'injection en courant harmonique des dispositifs d'électronique de puissance assurant le couplage / découplage est considérée sans effet compte tenu de leur courte durée d'apparition.

Dans la suite on ne détaille que le cas spécifique des fermes éoliennes en fonctionnement établi.

Hypothèses :

a) Données d'entrée

Fiches de collecte de données : mesures réalisées selon la norme CEI 61400-21 :
Taux maximums de courants harmoniques injectés en sortie d'aérogénérateur du rang 2 au rang 50.
Le taux considéré est le rapport en % entre la valeur du courant harmonique de rang h (I_h) et la valeur du courant nominal (I_n) de l'aérogénérateur : $I_{n_{aérogénérateur}} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_{n_{aérogénérateur}}}$, S_n étant la puissance installée apparente des générateurs électriques. Le taux considéré est une valeur moyenne 10 mn.
Le taux considéré est le taux maximum apparaissant quel que soit le niveau de charge de l'aérogénérateur.

b) Seuils applicables

Les limites d'émission en courant sont issues de l'arrêté du 17 mars 2003 relatif aux conditions techniques de raccordement au réseau public des installations de production autonome d'énergie électrique.

Rangs pairs	Taux limites	Rangs impairs	Taux limite
2	2 %	3	4 %
4	1 %	5	5 %
> 4	0.5 %	7	5 %
		9	2 %
		11	3 %
		13	3 %
		>13	2 %



Méthode

Une valeur doit être indiquée dans la fiche de collecte pour chaque rang du rang 2 au rang 50. Si tel n'est pas le cas, l'étude « Harmoniques » ne peut être réalisée et les conclusions de l'étude de raccordement ne peuvent être rendues.

Il s'agit dans un premier temps de calculer du rang 2 au rang 50 les taux globaux de courants harmoniques émis par le site à partir des émissions individuelles de chaque aérogénérateur.

La méthode consiste ensuite à comparer ces taux globaux aux limites admissibles du rang 2 au rang 50,

Si sur un ou plusieurs des rangs, la limite admissible est dépassée, le site ne peut être raccordé en l'état. Aucune solution réseau ne peut permettre de lever cette contrainte.

Pour lever cette contrainte, le producteur doit :

- ✓ effectuer un meilleur réglage de la commande de l'électronique de puissance des machines,
- ✓ mettre en œuvre un système de filtrage actif ou passif au niveau de chaque aérogénérateur,
- ✓ ou mettre en œuvre un système de filtrage actif ou passif centralisé au niveau du site.

Quelle que soit la solution mise en œuvre, le producteur doit fournir les nouveaux taux maximums de courants harmoniques injectés en sortie d'aérogénérateur ou du site, ainsi que les caractéristiques détaillées de l'éventuel filtre projeté, afin qu'une nouvelle vérification soit effectuée.

Calcul des taux d'émission des courants harmoniques d'un site

Remarque : les calculs suivants s'appliquent pour des niveaux harmoniques mesurés en sortie aérogénérateurs.

a) Cas où le site est composé d'aérogénérateurs identiques

a1) S'il s'agit d'électronique de puissance à thyristors

La commutation de ce type d'électronique de puissance étant assistée (ouverture possible des thyristors uniquement au passage de la tension à 0, les courants harmoniques émis par chaque aérogénérateur peuvent avoir le même déphasage par rapport au fondamental. Pour estimer la valeur des courants harmoniques émis au niveau du site il convient donc de faire la somme algébrique de ces courants sur chaque rang.

Les taux d'émission des courants harmoniques du site sont donc égaux aux taux émis par un seul aérogénérateur.

Taux site rang h = Taux aérogénérateur rang h.

a2) S'il s'agit d'électronique de puissance à IGBT

La commutation de ce type d'électronique de puissance étant forcée (ouverture, fermeture possible des transistors à n'importe quel moment), les courants harmoniques émis par chaque aérogénérateur n'auront pas le même déphasage par rapport au fondamental. Pour estimer la valeur des courants harmoniques émis au niveau du site il convient donc de tenir compte de ce foisonnement.



On applique alors la loi de sommation issue des normes CEI 61400-21 et CEI 61000-3-6 (voir §c).

Ce qui donne pour les taux d'émission des courants harmoniques du site pour n aérogénérateurs identiques :

$$\textbf{Taux site rang h} = n^{((1/\beta)-1)} \times \textbf{Taux aérogénérateur rang h}$$

β= 1 des rangs 2 à 4, β= 1,4 des rangs 5 à 10, β= 2 des rangs 10 à 50.

b) Cas où le site est composé de groupes d'aérogénérateurs différents

b1) Calcul préalable du courant émis par chaque groupe sur chacun des rangs

Le calcul doit être réalisé à la tension nominale de livraison :

a) S'il s'agit d'électronique de puissance à thyristors :

$$I_h \text{ groupe} = n_1 \times I_h \text{ aérogénérateur}$$

n_1 nombre d'aérogénérateurs du groupe

I_h aérogénérateur = I_n aérogénérateur x Taux aérogénérateur rang h x Un aérogénérateur / Un PDL

b) S'il s'agit d'électronique de puissance à IGBT :

$$I_h \text{ groupe} = n_2^{(1/\beta)} \times I_h \text{ aérogénérateur}$$

n_2 nombre d'aérogénérateurs du groupe

I_h aérogénérateur = I_n aérogénérateur x Taux aérogénérateur rang h x Un aérogénérateur / Un PDL

β= 1 des rangs 2 à 4, β= 1,4 des rangs 5 à 10, β= 2 des rangs 10 à 50.

b2) Somme des courants émis par chaque groupe sur chacun des rangs

Le calcul doit être réalisé à la tension nominale de livraison.

D'une part les courants émis par les groupes de machines à d'électronique de puissance (EP) à thyristors doivent être sommés algébriquement sur chacun des rangs.

$$I_h \text{ groupes « EP thyristors »} = I_h \text{ groupe } 1 + I_h \text{ groupe } 2 + I_h \text{ groupe } 3 \ldots$$

D'autre part les courants émis par chaque groupe de machines à électronique de puissance à IGBT doivent être sommés sur chacun des rangs en appliquant la loi de sommation issue des normes CEI 61400-21 et CEI 61000-3-6.

$$I_h \text{ groupes « EP IGBT »} = ((I_h \text{ groupe } 1)^{\beta} + (I_h \text{ groupe } 2)^{\beta} + (I_h \text{ groupe } 3)^{\beta} \ldots)^{(1/\beta)}$$

β = 1 des rangs 2 à 4, β= 1,4 des rangs 5 à 10, β= 2 des rangs 10 à 50.

Enfin les courants émis par l'ensemble des groupes de machines à d'électronique de puissance à thyristors et par l'ensemble des groupes de machines à d'électronique de puissance à IGBT doivent être sommés sur chacun des rangs en appliquant la loi de sommation issue des normes CEI 61400-21 et CEI 61000-3-6.

$$I_h \text{ site} = ((I_h \text{ groupes « EP thyristors »})^{\beta} + (I_h \text{ groupes « EP IGBT »})^{\beta})^{(1/\beta)}$$



β = 1 des rangs 2 à 4, β= 1,4 des rangs 5 à 10, β= 2 des rangs 10 à 50.

b3) <u>Calcul des taux émis par le site sur chacun des rangs</u>

Taux site rang h = I_h site / I_n site

c) <u>Loi de sommation issue des normes CEI 61400-21 et CEI 61000-3-6</u>

$$I_{h\Sigma} = \sqrt[\beta]{\sum_{i=1}^{n} I_{h,i}^{\beta}}$$ (en ampères)

<u>Avec :</u>

n : nombre d'aérogénérateurs et

β fonction du rang h :

Rang d'harmonique	β
h < 5	1.0
5 < ou = h > ou = 10	1.4
h > 10	2.0